

## SILICON CARBIDE SCHOTTKY DIODE AND MANUFACTURING METHOD OF THE SAME

**Publication number:** JP2003258271

**Publication date:** 2003-09-12

**Inventor:** SHIMIZU MASAOKI; FUKUDA YUSUKE; NISHIKAWA KOICHI

**Applicant:** SHINDENGEN ELECTRIC MFG

**Classification:**

- **International:** H01L29/872; H01L29/47; H01L29/66; H01L29/40; (IPC1-7): H01L29/872

- **European:**

**Application number:** JP20020055589 20020301

**Priority number(s):** JP20020055589 20020301

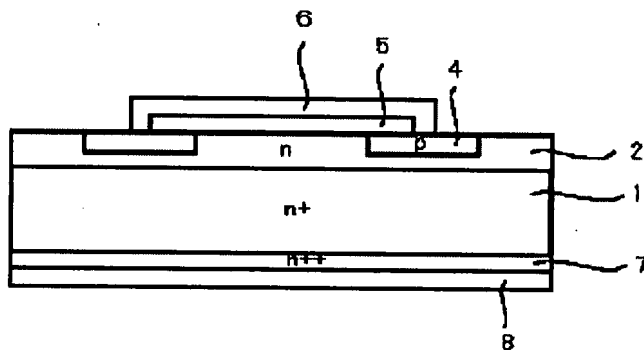
Report a data error here

### Abstract of JP2003258271

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electrode structure for an SiC Schottky diode having a guard ring for improving a forward surge breakdown voltage and its manufacturing method.

**SOLUTION:** This SiC Schottky diode is equipped with a guard ring 4, and a second electrode layer 6 electrically connected to the guard ring 4 and formed of a material different from that of the Schottky electrode layer 5 so as to secure an ohmic contact with the guard ring 4, so that the forward surge breakdown voltage of the SiC Schottky diode is increased without deteriorating its rectifying performance and the reliability is improved.

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-258271  
(P2003-258271A)

(43)公開日 平成15年9月12日(2003.9.12)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 29/872

識別記号

F I  
H 0 1 L 29/48

ターマコード\*(参考)

D 4 M 1 0 4  
C  
F

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-55589(P2002-55589)

(22)出願日 平成14年3月1日(2002.3.1)

(71)出願人 000002037

新電元工業株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72)発明者 清水 正章

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株  
式会社工場内

(72)発明者 福田 祐介

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株  
式会社工場内

(72)発明者 西川 恒一

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株  
式会社工場内

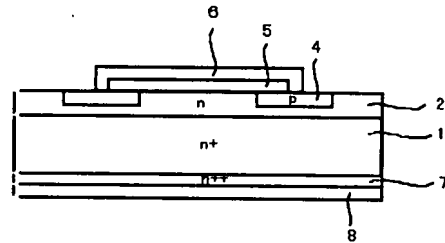
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 炭化けい素ショットキーダイオードおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 ガードリングを有するSiCショットキーダイオードにおいて、順サージ電流耐量を向上させるための電極構造と形成方法を与える。

【解決手段】 本発明によれば、ガードリング4を有するSiCショットキーダイオードにおいて、ガードリング4に電気的接続をとる第2の電極層6としてショットキー電極層5とは別の材料を用いることによって、ガードリング4に対するオーミック性を確保することにより、整流性能を劣化させることなく、順サージ電流に対する耐量を向上させることができ、信頼性の高いSiCショットキーダイオードを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一導電型の炭化けい素基板の表面にショットキー電極層を形成し該ショットキー電極層の周辺に第二導電型のガードリングを形成する炭化けい素ショットキーダイオードにおいて、前記ガードリング表面には前記ショットキー電極と異なる材質の第二の電極層を形成することを特徴とする炭化けい素ショットキーダイオード。

【請求項2】 前記第一導電型はn型であり、前記炭化けい素基板の結晶型は4H、6Hまたは3Cであることを特徴とする請求項1記載の炭化けい素ショットキーダイオード。

【請求項3】 前記ショットキー電極層はTi、Ni、Moまたはこれらの合金であり、前記第二の電極層はAl、Au、Ptまたはこれらの合金であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の炭化けい素ショットキーダイオード。

【請求項4】 炭化けい素基板の表面に、イオン注入により第二導電型のガードリングを形成し、該ガードリングの内側の前記炭化けい素表面にショットキー電極層を形成し、該ショットキー電極層をマスク材料として前記炭化けい素基板の表面をエッチングし、前記ガードリングの高濃度表面を露出させ、少なくとも該高濃度面に第二の電極層を形成することを特徴とする炭化けい素ショットキーダイオードの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する分野】本発明は、半導体材料として炭化けい素（以下SiCと記す）を用いたSiCショットキーダイオードの構造およびその製造方法であって、特に順方向サージ耐量を向上させることに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】SiCは広いバンドギャップ、高い最大電界強度を持つため、大電力、高耐圧の電力用デバイスへの応用が展開されている。ショットキーダイオードは少数キャリアの注入がほとんど無いため高速スイッチングができる。また構造が簡単なため、製造が比較的容易でSiCデバイスの実用化の一番手となった。従来のSiのショットキーダイオードでは、高耐圧化しようとする、シリーズ抵抗分が急激に大きくなる結果、順電圧が高くなり、実用的でなくなってくる。また、バンドギャップが小さいため、特に、接合温度が上がると少数キャリアの注入が多くなり、高速スイッチングができなくなる。Siに対してSiCは広いバンドギャップを持つため高耐圧、高温動作においても少数キャリアの注入は少なく、また、高い最大電界強度を持つため高耐圧の領域においてもシリーズ抵抗分はそれほど大きくなりえない。

【0003】図10は従来のSiCショットキーダイオ

ードの構造の例を説明する図である。SiCショットキーダイオードでは安定した耐圧と高信頼度を得るためにショットキー電極層5周辺部にn型SiCエピタキシャル層2とは逆の導電型のガードリング4を設けている。ショットキー電極層5はn型SiCエピタキシャル層2とガードリング4の表面に形成されている。ショットキー電極層5はn型SiCエピタキシャル層2の界面でショットキー接合を作り、ガードリング4とも電氣的に接続されている。SiC基板はシリーズ抵抗を下げるためにn+型SiC層1の表面に耐圧を確保するのに必要な濃度と厚さを持つn型SiCエピタキシャル層2が形成され、n+型SiC層1の裏面にはオーミック電極層8を形成したときにオーミック電極特性が確保されるようにn型不純物をイオン注入したn++型SiC層7が形成されている構成になっている。このn++型SiC層7の表面にNi等のオーミック電極層8が蒸着などの方法により形成させている。

【0004】ショットキー電極層5は、本発明のSiCショットキーダイオード使用される電源等の機器における性能を最大にするような障壁高さが選ばれ、さらに信頼度確保の点から金属や金属間化合物あるいはシリサイド等から選ばれる。Ti、Mo、Ni、Al、Al-Ti合金などが用いられる例が多い。SiCの場合、不純物の拡散係数が小さいため、ガードリング4の形成には、イオン注入による不純物導入法が広く用いられている。しかしながらこのイオン注入法だけではガードリング4のSiC表面にオーミック接触に必要な $1 \times 10^{18}$ 個/cc望ましくは $3 \times 10^{19}$ 個/cc以上の高濃度表面を露出させることは困難である。

【0005】一方、ショットキー接合を得るためのショットキー電極層5はガードリング4の電極ともなっている。耐圧を確保するため両者は同電位になっている。しかしながら、特にTi、Ni、Moあるいはこれらの合金などの場合、良好なショットキー接合が得られてもP型のガードリング4に対しては十分なオーミック接触となっていない。

【0006】従来のSiCショットキーダイオードの順方向にサージ電流が入力されると素子が破壊しやすいという現象を見出した。特にTi、Ni、Moあるいはこれらの合金などのショットキー障壁高さが低い場合に顕著である。このようなSiCショットキーダイオードの場合、実用領域の順電流をはるかに超える順サージ電流の領域で、順方向に大電流がながれると突然少数キャリアの注入が始まり、急激に順電圧が下がる。負性抵抗特性を示すため、素子構造のわずかな不均一により、SiCショットキーダイオードのごく一部に大電流が集中するため順サージ電流に弱いという現象が生じると考えられる。SiCショットキーダイオードを試作し原因を究明したところ、ガードリング4で十分なオーミック接触が得られているとSiCショットキーダイオードの順方

向にサージ電流が入力されても素子が破壊されにくいということがわかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ガードリング4を有するSiCショットキーダイオードにおいて、ガードリング4に対するオーミック性を向上させることにより、順サージ電流に対する耐量を向上させるための電極層構造およびその製造方法を提供するものである。

【0008】

【課題を解決しようとする手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は第一導電型の炭化けい素基板の表面にショットキー電極層を形成し該ショットキー電極層の周辺に第二導電型のガードリングを形成する炭化けい素ショットキーダイオードにおいて、前記ガードリング表面には前記ショットキー電極と異なる材質の第二の電極層を形成することを特徴とする炭化けい素ショットキーダイオードである。請求項2記載の発明は前記第一導電型はn型であり、前記炭化けい素基板の結晶型は4H、6Hまたは3Cであることを特徴とする請求項1記載の炭化けい素ショットキーダイオードである。請求項3記載の発明は前記ショットキー電極層はTi、Ni、Moまたはこれらの合金であり、前記第二の電極層はAl、Au、Ptまたはこれらの合金であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の炭化けい素ショットキーダイオードである。請求項4記載の発明は炭化けい素基板の表面に、イオン注入により第二導電型のガードリングを形成し、該ガードリングの内側の前記炭化けい素表面にショットキー電極層を形成し、該ショットキー電極層をマスク材料として前記炭化けい素基板の表面をエッチングし、前記ガードリングの高濃度表面を露出させ、少なくとも該高濃度面に第二の電極層を形成することを特徴とする炭化けい素ショットキーダイオードの製造方法である。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面で説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。SiC基板はシリーズ抵抗を下げるためにn<sup>+</sup>型SiC層1の表面に耐圧を確保するのに必要な濃度と厚さを持つn型SiCエピタキシャル層2が形成され、n<sup>+</sup>型SiC層1の裏面にはオーミック電極層8を形成したときにオーミック電極特性が確保されるようにn型不純物をイオン注入したn<sup>++</sup>型SiC層7が形成されている。

【0010】安定した耐圧と高信頼度を得るためにショットキー電極層5の周辺部にn型SiCエピタキシャル層2の導電型とは逆の導電型のガードリング4を設けている。ショットキー電極層5はガードリング4の内側のn型SiCエピタキシャル層2の表面とガードリング4の一部表面に形成されている。ショットキー電極層5は

n型SiCエピタキシャル層2との界面においてショットキー接合を作る。ショットキー電極層5は、Ti、Ni、Moまたはこれらの合金であり、ショットキー障壁高さが低いものが望ましい。

【0011】p型のガードリング4に対する第2の電極層6は、ガードリング4がp型であるのでp型SiCに対してオーミック特性が得られやすいAl、Au、Ptまたはこれらの合金である。製造工程簡略化のため、p型のガードリング4に対する第2の電極層6はショットキー電極層5の上にも配置されている。n<sup>++</sup>型SiC層7の表面にNiによるオーミック電極層8が形成されている。

【0012】第1の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードにおいてショットキー電極層5に正電圧を、オーミック電極層8に負電圧を印加するとショットキー電極層5とn型SiCエピタキシャル層2の間に形成されたショットキー接合が順バイアスされ、ショットキー電極層5からオーミック電極層8に向かって電流が流れる。この時p型のガードリング4に対する第2の電極層6はショットキー電極層5と電気的に接続されているのでp型のガードリング4とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合も順バイアスされる。pn接合の障壁高さはショットキー接合の障壁高さより高いため実用的な順電流の領域ではpn接合には電流が流れないか流れても僅かである。

【0013】p型のガードリング4に対する第2の電極層6のオーミック特性が不十分の場合、実用領域の順電流をはるかに超える順サージ電流の領域で、SiCショットキーダイオードのシリーズ抵抗分は大きいため、SiCショットキーダイオードの順電圧は大きくなり、ある順電圧になると突然少数キャリアが注入され、負性抵抗特性を示し、順電圧が急激に下がる。負性特性を示すため、素子構造のわずかな不均一により、SiCショットキーダイオードのショットキー接合部のごく一部に大電流が集中するために順サージ電流に弱いという現象が生じる。

【0014】本発明はp型のガードリング4の対する第2の電極層6としてp型SiCに対してオーミック特性を得やすいAl、Au、Ptまたはこれらの合金を用いる。従って、p型のガードリングに対する第2の電極層6のオーミック特性がよい。このため、実用領域の順電流をはるかに超える順サージ電流の領域になり、SiCショットキーダイオードの順電圧が大きくなってくると、p型のガードリング4とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合から少数キャリアが注入されはじめる。SiCショットキーダイオード部分だけだと負性抵抗を示し破壊しやすくなる順電流値、順電圧値になる前からpn接合から少数キャリアの注入がが少しづつ行われ、SiCショットキーダイオードのショットキー接合の部分まで拡散しシリーズ抵抗を下げる結果、負

性抵抗が緩やかになり、順方向のサージ電流に対して破壊しにくくなる。

【0015】ショットキー電極層5に負電圧を、オーミック電極層8に正電圧を印加するとショットキー電極層5とn型SiCエピタキシャル層2の間のショットキー接合が逆バイアスされまたp型のガードリング4とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合も逆バイアスされ電流はほとんど流れなくなる。

【0016】図2は本発明の第2の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。本実施例は、p型のガードリング4の内側n型SiCエピタキシャル層2の表面の一部にp型層9をイオン注入で形成し、MPS (Merged p-i-n/Schottky) 構造としたものである。

【0017】第2の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードにおいてショットキー電極層5に正電圧を、オーミック電極層8に負電圧を印加するとショットキー電極層5とn型SiCエピタキシャル層2の間にあるショットキー接合が順バイアスされ、ショットキー電極層5からオーミック電極層8に向かって電流が流れる。この時p型のガードリング4とp型のガードリング4の内側に形成されたp型層9に対する共通の第2の電極層6とはショットキー電極層5と電気的に接続されているのでp型のガードリング4ならびにp型層9とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合も順バイアスされる。pn接合の障壁高さはショットキー接合の障壁高さより高いため実用的な順電流の領域ではpn接合には電流が流れないか流れても僅かである。但し、実用領域の順電流をはるかに超える順サージ電流の領域でSiCショットキーダイオードの順電圧が大きくなってくると、p型のガードリング4とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合から少数キャリアが注入されはじめる。ショットキー接合に対してpn接合の割合が大きくなるため第1の実施例より少数キャリアの効果が大きくなる。従って、第1の実施例に比べて大電流における順電圧は小さくなり、順方向のサージ電流に対してより破壊しにくくなるが順電流が大きくなると少数キャリアの注入が多くなり高速スイッチング特性が悪くなる可能性がある。

【0018】ショットキー電極層5に負電圧を、オーミック電極層8に正電圧を印加するとショットキー電極層5とn型SiCエピタキシャル層2の間にあるショットキー接合が逆バイアスされまたp型のガードリング4ならびにp型層9とn型SiCエピタキシャル層2との間にあるpn接合も逆バイアスされ電流は流れなくなる。逆バイアス時に隣接するp型のガードリング4とp型層9が空乏層でつながるように狭く設計するとショットキー障壁にかかる電界が緩和され漏れ電流が小さくなる。

【0019】図3は本発明の第3の実施の形態に係るS

iCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。p型のガードリング4をイオン注入で形成すると最大の不純物濃度はイオン打ち込みをしたn型SiCエピタキシャル層2の表面より、少しn型SiCエピタキシャル層2に入り込んだ内部の面となる。ガードリングの表面濃度を最大となるようにn型SiCエピタキシャル層2の表面をエッチングした構造である。この製造方法を次に示す。

【0020】図4から図9本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図である。これらの図を用い製造工程を説明する。まず、高不純物濃度のn+型のSiC層1の表面に濃度 $1 \times 10^{16}$  個/cm<sup>3</sup>で厚さ10 $\mu$ mの低不純物濃度のn型のSiCエピタキシャル層2をエピタキシャル法によって成長させる。しかる後にn型のSiCエピタキシャル層2の表面にCVD法によりSiの酸化膜3を2.0 $\mu$ mを成長させる(図4)。

【0021】n型のSiCエピタキシャル層2上の酸化膜3を弗酸系のエッチング液を利用した写真工程によりガードリング4を形成する部分だけ除去し、酸化膜3の窓明部31を形成する(図5)。

【0022】しかる後、窓明け部31よりp型不純物となるボロン及び(または)Alを加速電圧30~150keVで、 $10^{14}$  個/cm<sup>2</sup>イオン注入する。n+型のSiC層1の裏面にオーミック接触を得るためにn型不純物となるP(リン)を加速電圧30~130keVで、 $10^{15}$  個/cm<sup>2</sup>イオン注入し、n++型SiC層7形成する。窓明け部31より注入されたp型不純物は、表面濃度が $10^{18}$  個/cm<sup>3</sup>以上、接合深さ0.5 $\mu$ mとなるように、またn+型のSiC層1の裏面のオーミック用n++型SiC層7は表面濃度 $10^{20}$  個/cm<sup>3</sup>、接合深さ0.5 $\mu$ mとなるように注入される。この後、マスク用としてn型のSiCエピタキシャル層2表面に堆積した酸化膜3を弗酸系のエッチング液でエッチングして全て取り去ってしまう(図6)。この後、不純物を活性化するためにアルゴン雰囲気中で1500℃以上の温度で10分間の熱処理を行う。

【0023】しかる後、ショットキー電極層5としてTiをSi面にスパッタリング法にて堆積し、ガードリング4の一部とガードリング4の内側のn型のSiCエピタキシャル層2表面に残るよう、CF4系ドライエッチングを利用した写真工程にて不必要なTiを除去する(図7)。

【0024】次いでこのショットキー電極層5のパターンをマスクとして、ガードリング4の表面濃度が最大になる領域までCF4系のガスを利用してn型のSiCエピタキシャル層2の表面をエッチングする(図8)。このときフォトレジストが残っていても、Ti電極が露出しているもどちらでもよい。

【0025】そして、P型のガードリング4の表面に対

してオーミック電極となるようAlを、ショットキー電極層5とショットキー電極層5が形成されていないガードリング4の表面を含むn型のSiCエピタキシャル層2の表面をに蒸着し、リン酸又はリン酸と硝酸の混酸系エッチング液を利用した写真工程にて、図8のようにガードリング4の領域上とショットキー電極上に第2の電極層6を形成する。次に、裏面のオーミック用n++型SiC層7の表面にオーミック電極層8としてスパッタリング法によりNi電極を形成する(図9)。

【0026】n+型のSiC層1、n型のSiCエピタキシャル層2、n++型SiC層7で構成されるSiC基板は耐圧、順電圧の特性の点より4H、6Hあるいは3C型の結晶形であるn型のSiC基板が望ましいが、他の結晶型(たとえば15R)でも構わない。ショットキー電極層5はTiのほかNi、またはMo及びこれらの合金であってもよい。P型ガードリング層4への第2の電極層6はAlのほか、Au、Ptまたはこれらの合金を用いてもかまわない。P型ガードリング層4へのオーミック電極6はAlである例を示した。パッケージに組み立てるためにAl面にAlボンディングすることができ、Au線ボンディングのために、Al上にさらにAuが堆積されていてもよいし、半田接続用にAl-Ni-Agのような電極システムであってもよい。裏面のオーミック電極層8としてスパッタリング法によりNi電極を形成したが、その他の金属を利用してよいし、堆積法も電子ビームを利用した蒸着法などの他の方法であってもよい。n+型のSiC層1、n型のSiCエピタキシャル層2、n++型SiC層7で構成されるSiC基板について述べたが、p型であってもかまわない。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、ガードリングを有するSiCショットキーダイオードにおいて、ガードリングに電気的接続をとるガードリング電極層としてショットキー電極層とは別の材料を用いることによってガードリングに対するオーミック性を確保することにより整流性能を劣化させることなく、順サージ電流に対する耐量を向上させることができ、信頼性の高いSiCショットキーダイオード替えられた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。

【図2】 本発明の第2の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。

【図3】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの構造を説明するための図である。

【図4】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(1)である。

【図5】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(2)である。

【図6】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(3)である。

【図7】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(4)である。

【図8】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(5)である。

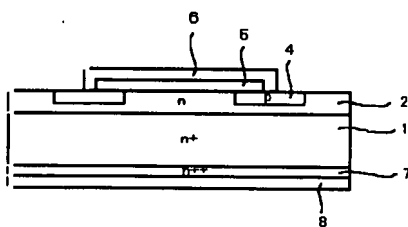
【図9】 本発明の第3の実施の形態に係るSiCショットキーダイオードの製造工程を説明するための図(6)である。

【図10】 従来のSiCショットキーダイオードの構造の例を説明する図である。

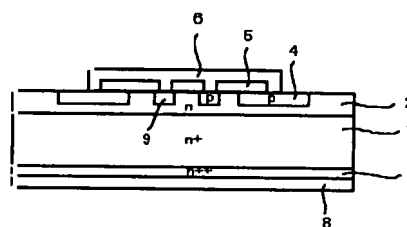
【符号の説明】

- 1 n+型SiC層
- 2 n型SiCエピタキシャル層
- 3 酸化膜
- 4 ガードリング
- 5 ショットキー電極層
- 6 第2の電極層
- 7 n++型SiC層
- 8 オーミック電極層
- 9 p型層

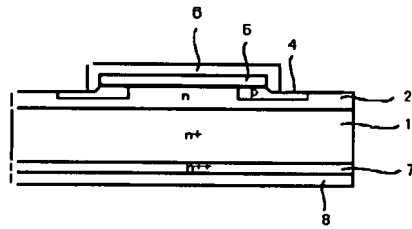
【図1】



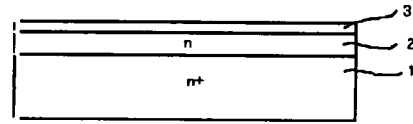
【図2】



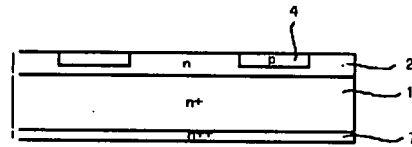
【図3】



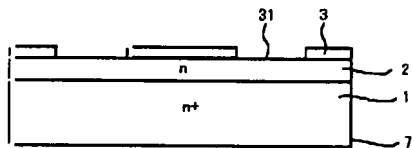
【図4】



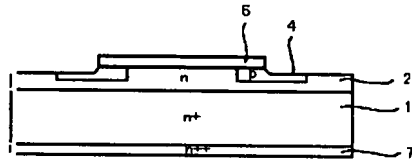
【図6】



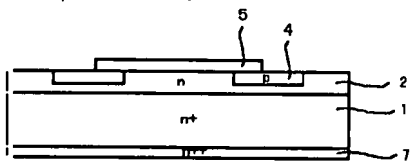
【図5】



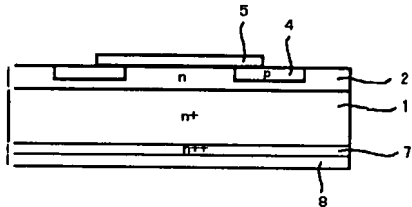
【図8】



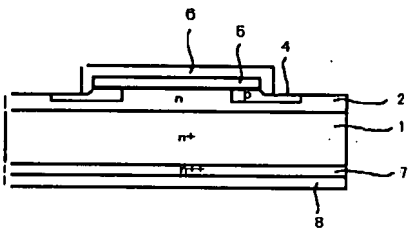
【図7】



【図10】



【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 AA03 BB02 BB05 BB06 BB09  
BB14 BB16 CC01 CC03 FF27  
FF35 GG03 HH15